

# 브라질 아마존 지역의 비료용 광물자원 (인산염 및 포타쉬) 탐사 프로젝트

Orestos Santos<sup>1)</sup> · 고 상 모<sup>2)</sup>

1) Redstone Resources Ltd. · 2) 한국지질자원연구원 광물자원연구본부

비료용 원료광물자원은 브라질에서 매우 중요한 원료광물로 취급되어 브라질 정부에서는 그에 대한 탐사에 우선순위를 두고 있다. 브라질은 세계 3위 비료소비국이며 인산염광물은 모로코와 토고로부터, 포타쉬광물은 캐나다와 벨로루시로부터 주로 수입하고 있다. 최근 인산염광물과 포타쉬의 급격한 가격상승(그림 1)이 브라질 정부의 관심을 한층 높이며 2008년 중반 이래로 초래된 세계적 경제위기에도 가격은 크게 영향을 받지 않았다.

호주 퍼스에 본사를 두고 있는 Redstone Resources Ltd.는 초기에 호주 내에서 Ni 탐사

에 주력하였으나 2006년 이래 비료용 원료광물의 중요성을 인식하고 브라질 아마존 지역에서 인산염 및 포타쉬 탐사권을 획득하였다. 포타쉬 프로젝트는 아마존 분지 Anaebá Sub-basin 지역 내 33개 탐사권을 가지고 있다. 이 대상지역은 Petrobras(브라질 국영 석유회사)가 소유하고 있는 Fazendinha 광상(520 Mt @28.8% KCl 61 Billion US\$)과 Arari 광상(626 Mt @17.7% KCl 44 Billion US\$)과 매우 유사하다. 인산염 프로젝트 지역은 아마존 주의 남부에 있는 Jatuarana 분지에 위치한다. 이 지역에는 캄브리아기 해성층에서 9.3%와

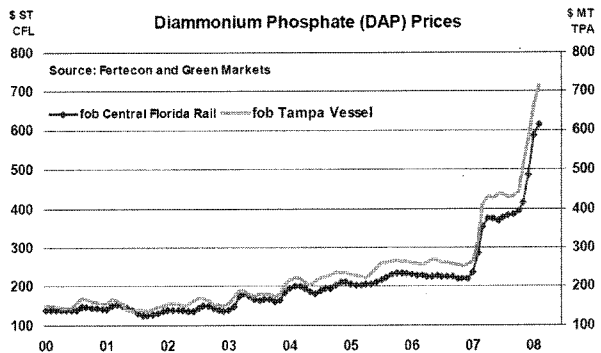
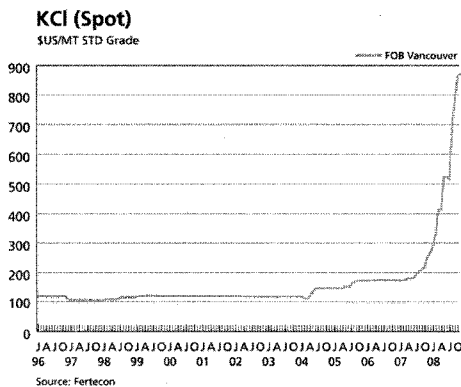


그림 1. KCl(1996-2008) 및 인산이암모늄의 가격추이(2000-2008).

7.4% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 품위를 보이는 인산염(collophane) 산출지가 알려져 있다(Araújo et al., 1978). 지난 수십여년 동안 브라질 지질조사소에서는 광역지질도 작성 중 여러 곳의 인산염 및 해록석 산출지를 확인하였다. 해록석은 포타슘의 중요한 공급원이며 인산염 생산 시 부산물로서 생산될 수 있다.

## Apuí 인산염광물자원 프로젝트

### 위치

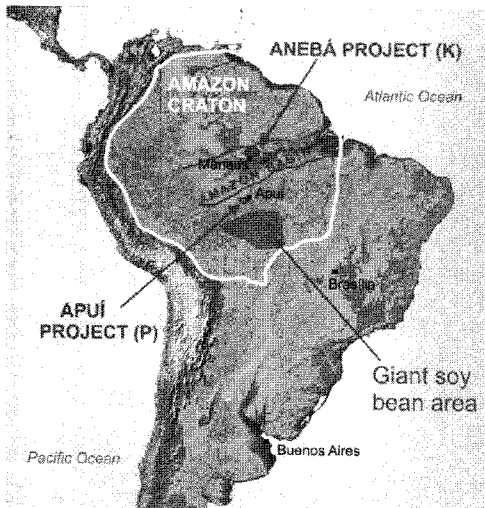


그림 2. Apuí(인산염 및 포타슘) 및 Anebá(포타슘) 프로젝트 지역.

이 프로젝트 지역은 아마존 주 남동부 남위 7.45°~7.10° 및 서경 60.0°~60.5°에 위치한다(그림 2). 이 지역의 30km 동편에는 Apuí 농업지역(30km 동편)과 220km 남편에는 North Mato Grosso 콩 재배지역이 분포하고 있다(그림 2). 이 지역을 포함하는 분지 지역의 서쪽에 있는 남미에서 두 번째 큰 강인 Madeira 강 지역으로 연결되는 Trans-Amazon 고속도로가 통과하기 때문에 아마존 강 남부 하류로 이동하는데 용이하다.

### 탐사권

Apuí 프로젝트 지역은 18개 광구(880167/08, 880168/08, 880169/08, 880170/08, 880171/08, 880172/08, 880173/08, 880174/08, 880175/08, 880176/08, 880177/08, 880178/08, 880179/08, 880180/08, 880181/08, 880182/08, 880245/08 and 880246/08)에 대해 Redstone Mineração Do Brasil Ltda(Redstone Resources Ltd.가 100% 지분을 소유하고 있다.

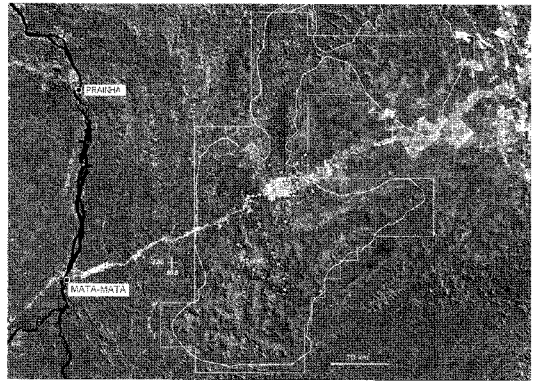


그림 3. 브라질 아마존 주 남동에 위치한 Jatuarana 분지(곡선으로 표시된 지역이 분지경계이며 직선으로 연결된 지역이 Redstone Ltd. 가 소유하고 있는 탐사권 지역).

### 원주민 및 환경 문제

Apuí 지역 프로젝트 소유지는 원주민이나 환경에 대한 특별한 문제가 없다. 탐사권 설정 지역은 인디안 보호지역이나 환경보호지역으로부터 법적으로 제외된 지역이다. Apuí 지역은 아마존 주 농업의 중심지이며 비료의 사용이 산림의 황폐화를 방지하고 토지를 비옥하게 하는 유익한 방법이기 때문에 인산염 광물생산은 지방자치체로부터 충분한 지원을 받을 수 있다.

**지질 및 광화학용**

지난 수십여년 동안 브라질 정부의 1:1백만 규모의 지질도 작성 프로그램을 수행하는 동안 Aripuanã 강의 동편 45km 지점의 Trans-Amazon 고속도로 따라서 인산염광물이 풍부한 암석을 확인하였다(Araújo et al., 1978). 7개 대표시료를 분석한 결과 두개의 시료가 7.4% 및 9.3% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 품위를 보였다. 광상은 원생대 Beneficente 층군(1730-1580 Ma, 그림 4)에 배태된 퇴적형 광상으로 해석하였다. 1979년 다른 예비조사 결과 Beneficente 층군의 상부 층이 원생대후기-고생대를 지시하는 미화석을 함유하는데 근거하여 상부층은 원생대가 아님이 밝혀졌다(Bizzinella et al., 1981; Santiago et al., 1980). 이러한 사실은 석탄이나 인산염 광물의 분지 내 부존 잠재성을 향상시킨다. 같은 해인 1979년 브라질 정부는 비료의 중요성을 인식하고 인산염자원 탐사 프로그램을 수행하였다. Araújo 등(1978)이 확인한 산출지인 BR230 도로지역과 Jatuarana 강 분지에 대한 조사가 Riker와 Pereira(1980)에 의해 수행되었다. 이 조사에서 60m 6개공 시추가 수행되어 여러 시추코아에서 인산염이나 해록석을 함유하고 분석결과 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 5%와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.12-1.44%로 알려졌다. 낮은 알루미늄 함량비는 인산염 광상의 잠재성을 높이는 좋은 지시자이다. 이 지역의 층서는 명확하게 설정되어 있지는 않지만 알려진 층서는 그림4와 같다. 이 지역은 퇴

Ipixuna Formation	White sandstones, friable, well-sorted, probably neritic and supposedly Carboniferous
São Benedito Formation	Black shales, marine, deep water, rich in Devonian microfossils (Chitinozoa, Achriofarcha, Tasmanacoa)
Jatuarana Group	Glauconitic sandstones, paleoreefs, phosphites, Neoproterozoic to Cambro-Ordovician
Prairinha Formation	Continental sandstones, fluvial and aeolian, deposited after 1000 Ma
Rondonia Suite	Tin-granites, alkalis, rhyolites, and related volcanic rocks. Age around 1000 Ma
Beneficente Group	Neritic sandstones, paleoreefs, carbonate platform, deposited between 1730 and 1580 Ma
Colder Group	Regional basement, succession of magmatic arcs formed during 1820-1740 Ma, Jatuarana Domain
Un-named Proteric rocks	

그림 4. 조시지역의 층서.

적암류로 주로 구성되며 전형적으로 연안사주나 사구가 결핍된 대륙붕 퇴적물이다.

상부는 세립질 사암이나 실트암으로 구성되는 회색 및 녹색 이질암이 우세하게 분포하고 이회암이나 박층의 석회암이 수반되며, 특히 이질암은 Cook 및 Shergold(1986)가 명명한 니질 인산염암(mudstone phosphorite)과 유사하다. 이 층은 하부 Ipixuna 층을 비정합적으로 피복하며 평균 약 60m의 층후를 나타낸다. 다른 두 퇴적상은 고초(paleo-reef) 층이나 인산염광물을 함유하는 해록석 사암(입자상 인산염암)을 함유한다. 둘 다 이암 영역에 속하며 층후는 알려져 있지 않다. 이질암과 수반되는 석회암이나 스토로마톨라이트는 Rocinha 및 Lagamar 광상(417 Mt@11.3% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)이 배태된 São Francisco Craton의 원생대 후기 Vazante 층군(Rocinha 층)과 유사하다. 따라서 Apuí 지역에서 이와 유사한

표 1. 브라질의 인산염 광상

Location	Mine	Company	Deposit-Style	%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Jacupiranga-SP	Cajati	Serrana(Bunge)	carbonatite	5.0
Araxá MG	Barreiro	Serrana(Bunge)	carbonatite	11.9
Catalã -GO	Catalã o	Ultrafé rtil(Anglo)	carbonatite	9.0
Tapira-MG	Tapira	Fosfé rtil	carbonatite	7.5
Anitá polis-SC	Anitá polis	Norsk-Bunge	carbonatite	6.2
Patos de Minas-MG	Rocinha	Fosfé rtil(Bunge-Norsk)	sedimentary	12.7

광상이 기대된다.

주 표적이 되는 지역은 약 200m의 층후를 보이며 이는 상부로부터 이암질 인산염층, 스트로마톨라이트질 고초 및 인산염광물을 함유하는 해록석 사암으로 구성된다.

지금까지 알려진 브라질 인산염 광상은 카보너타이트형과 퇴적형이다(표 1).

### 탐사역사

Jatuarana 분지는 1970년-1980년대까지 브라질 지질조사소에 의해 조사 되었으며 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 9.3%까지의 품위를 나타내는 인산염암을 확인하였다. 이 조사에서 분지의 하부층준인 완만한 경사를 나타내는 원생대 후기-캄브로오르도비스기 퇴적암층에서 중요한 인산염암과 해록석층을 확인하였다. 잠재성을 나타내는 층준의 주향길이는 약 40km이며 품위는 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 7.4-9.3%이다. Riker 및 Pereira(1980)는 1800 km<sup>2</sup>로 발달하는 해성층과 해록석의 여러 산출지를 보고하였다.

야외조사와 인공위성사진 판독에 의하면 분지의 100%가 Redstone 광업권 지역 내 포함된다(그림 3). Redstone은 브라질 정부에서 1980년 채취된 20여개의 시료 중 6개를 획득하여 분석한 결과 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3.53-2.52%를 나타내었고 이 시료지역은 광범위한 광화작용이 초래된 고품위

인회석광상지역으로부터 북쪽 20km 지점이다.

최근 Redstone Resources에 의한 지표조사결과 표적이 되는 층의 층후는 약 200m이며 세 지역에서 높은 잠재성이 확인되었다. 확인된 인회석암은 층리가 잘 발달되고 완만한 경사를 보여준다(사진 1). 어떤 지역에서는 이 층의 상부에서 Capoeiras 층이 부정합적으로 피복한다(사진 1). 조사 결과 전 분지 지역이 인산염 광물자원의 잠재성을 나타내며 따라서 체계적인 탐사가 시추이전에 표적 층준에 대해 수행할 예정이다.

## APUÍ 인산염암의 중요성

브라질에서 사용되는 인산염암의 약 70%가 북아프리카로부터 수입된다. APUÍ 분지는 브라질 주요 농업지대인 Mato Grosso 주의 북편 콩재배지역로부터 북편 약220km 지점에 위치한다. 이는 APUÍ 분지 지역에서 인산염암을 생산하면 운송비용을 절감할 수 있음이 큰 장점이다. 또한 아마존 주 정부는 이 지역에서 비료 생산의 산업중심지로 개발할 계획을 가지고 있어 Jatuarana 분지 지역에서 예상되는 최저개발 품위는 수입되는 광석보다 훨씬 낮출 수 있다. 또한 이 지역에는 인산염암 외 포타쉬 및 가스 부존 잠재성이 매우 높은 장점을 가진다.

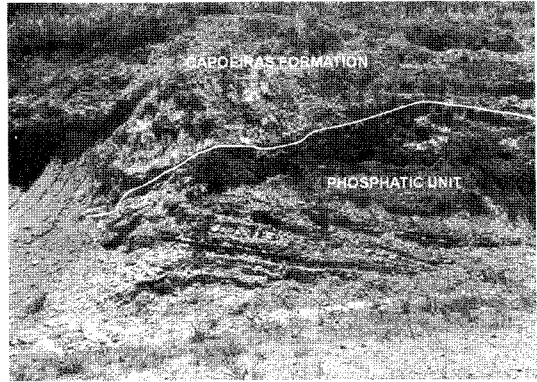


사진 1. 인산염 광물을 함유한 해록석 사암(왼쪽) 및 인산염층을 부정합적으로 피복하는 Capoeiras 층(오른쪽).

## 해록석의 중요성

해록석은 K이 풍부한(3-9 wt% K<sub>2</sub>O) 층상규산염광물로서 과거 농업용 포타슘의 근원으로 사용되었다. 해록석을 함유하는 녹색 모래가 1700년대 미국이나 유럽에서 K-비료로 사용되었다. 1차 세계대전 이후 KCl로 대체되어 급격하게 감소되었다. 해록석은 수분을 흡수하여 보존하는 능력이 크고 희유원소를 서서히 방출시키기 때문에 현재는 수처리용 필터나 토지개량제로 사용된다. 그러나 어떤 나라에서는 K-비료로의 사용을 시작하고 있다.

덴마크 Agrolith A/S는 Mineral Developments International의 자회사로서 유럽에서 해록석을 생산하는 유일한 회사이다. Castro 등(2008)은 KCl을 사용할 때 보다 해록석 분말을 사용하면 여러 농작물에 훨씬 좋은 효과를 낼 수 있다고 주장하였다. 인도는 해록석으로부터 K를 추출하기 위해 화학적 침출제를 개발하였다(Majumder et al., 1995; Yadav et al., 2000). 이는 인도에서 KCl 광상이 부족하고 비료의 대규모 소비국이기 때문이다. 우크라이나에서는 해록석 모래 자원이 Vinkovetsky 지역에서 30 Mt 탐사되었으며, 농업에서 값싸고 염소가 결핍된 K-PO<sub>4</sub> 비료의 농업기술적 효율성이 확인되었다(<http://www.ukrainebiz.com/Articles/KhmelnytskyFacts.htm>).

Dooley(2005)는 세계 여러곳에서 식량의 부족이 값싼 비료와 토지개량제로서 해록석의 사용이 관심을 불러일으킬 것으로 예견하였다.

해록석은 퇴적물의 집적율이 낮은 대륙붕 퇴적환경에서 형성되는 특징적인 광물이다(Amorosi, 1997). 해록석화작용은 대체적으로 15℃ 미만의 50-150m 심도에서 일어난다. 근대 환경에서는 자생 해록석은 대륙붕의 외곽부나 대륙사면 가까이에 발달하는 것으로 알려져 있다(Amorosi, 2000).

## 탐사프로그램

확인된 인산염암 산출지 외의 전 분지를 대상으로 인산염암의 산출, 층서 및 알려진 인산염암의 두께 및 횡적 연장 등을 확인하기 위한 조사가 요구된다. 이러한 조사는 1) 분지 내 세 가지 퇴적상을 나타내는 층준의 분포에 대한 지질도 작성, 2) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 4 wt% 이상 지역에 대한 Portable rig(Winkjje)를 이용한 시추, 3) 분지 모델과 관련된 자료의 종합 및 각 층별 암석학적 연구, 4) 새로운 산출지를 확인키 위한 분지 전체를 대상으로 지화학적 탐사, 5) 잠재성을 보이는 광체 지역의 심도, 층후 및 품위를 확인키 위한 시험시추(100-200m 심도 10-20 개공) 및 6) bulk 시료를 대상으로 작물시험을 포함한다.

## 예산

초기 탐사를 위한 예산이 다음과 같이 요구된다(표 2).

## Anebá 포타쉬 자원 프로젝트

### 위치

이 프로젝트 지역은 Petro강과 아마존 분지 중앙부에 위치하며, 인근에 Manaus시와 Itaquiatiara 시가 위치한다(그림 2). Manaus시와 Itaquiatiara 시에 있는 항구는 아마존 지역에서 가장 큰 항구로서 포장도로(AM10)으로 연결된다. 프로젝트 지역으로는 AM10 포장도로와 AM363 비포장도로로 접근이 가능하다. 북편이나 북서편으로의 접근은 Uatumã 강이나 Urubu 강 수로를 이용하여야 한다.

프로젝트 지역은 대규모의 Arari 및 Fazendinha 포타쉬 광산(약 1 billion tons @ 22% KCl)으로부터

표 2. 초기 탐사를 위한 예산

Cost AUD/1000

Activity	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	2009	2010
Travelexpenses																				70	40
Equipment	■	■	■	■	■															140	60
Administrative cost	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	120	70
Fuill time geologist	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	90	50
Intrastructure, contracts	■	■	■	■																	
Clearing for sampling				■	■	■	■	■	■	■	■	■								50	20
Geological Mapping						■	■	■	■	■	■	■								60	40
Analyses							■	■	■	■	■	■								50	90
Processing data																				30	
Clearing for drilling						■	■	■	■	■	■	■								70	50
Drilling(10,000m)																				800	1,200
Processing data																		■	■		
Exploration Report																		■	■		
Cost Phase 1	2009												2010						1,480	1,620	

Obs : Tenements maintenance(AUD 232K/year) not induded

터 북편 60km 지점에 위치한다 (그림 5).

**탐사권**

Anebá 프로젝트 지역은 33개 광구 (880197, 880198, 880224, 880225, 880226, 880227, 880228, 880229, 880230, 880231, 880232,

880233, 880238, 880239, 880240, 880241, 880242, 880243, 880244, 880245, 880246, 880247, 880248/07, 880249, 880250, 880259, 880260, 880655/08, 880656/08, 880657/08, 880658/08, 880659/ 08, 880660/08) 중 27개 광구는 탐사권을 획득하였고 6개 광구는 신청 중이다(그림 6).

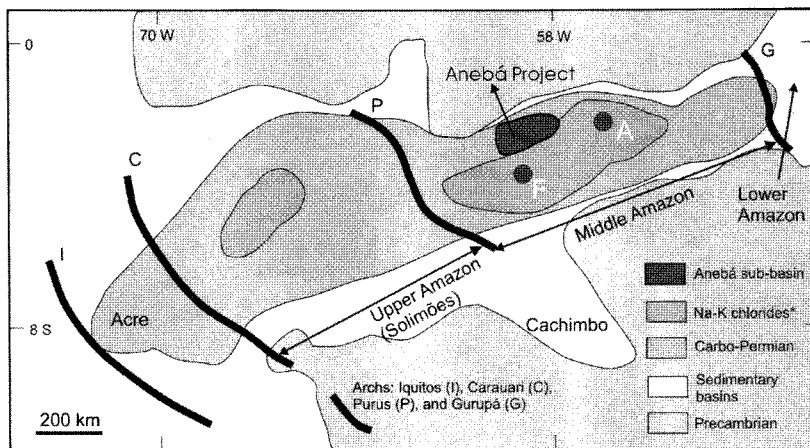


그림 5. Aneba 프로젝트 지역의 지질.

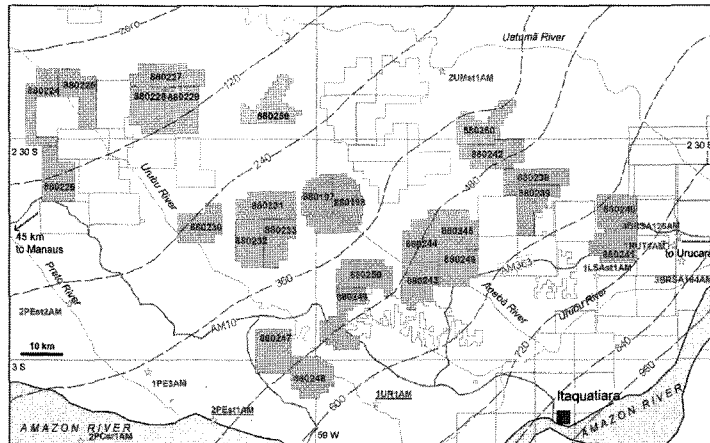


그림 6. 탐사권이 획득된 27개 광구지역(점선 지역의 수치는 Andirá 층의 층후임).

### 원주민 및 환경 문제

Anebá 프로젝트 지역은 Apuí 프로젝트 지역과 마찬가지로 원주민이나 환경에 대한 특별한 문제가 없다. 전 지역은 인디안 보호지역이나 환경보호지역으로부터 법적으로 제외된 지역이다. 880248 광구의 약40%는 Rio Urubu Reserve(Mura community) 소유이다. 주변에 위치하는 Petrobras 광산개발은 8년 소요되었으며 지방자치체에 어떠한 이익을 제공하지 못하였고 그에 비해 이 프로젝트는 보다 빠른 광산개발을 목표로 하기 때문에 포타쉬 자원 개발은 지방자치체의 충분한 지원이 기대된다.

### 지질 및 광화작용

Anebá 프로젝트 지역의 포타쉬 광상은 페름기 Andirá 층의 증발암 내에 배태된다. Andirá 층은 Nova Olinda 층보다 더욱 더 두꺼운 소금층을 포함하는 것으로 알려져 있다(Matsuda et al., 2004). Petrobras 광산 지역 2PEst-AM 시추코어에서는 소금층이 585m에서 약100m 두께로 산출함이 확인되었다(그림 7). 탄성과 자료에 의하면 증발암층은 N 및 NW 방향으로 경

사함이 확인되었다. 북 빛 북서편에서는 증발암 층 층후가 훨씬 얇다. 석탄기-페름기 동안 다른 퇴적중심부의 존재가 중력 자료에 의해 기대되며 Anebá 준분지의 경우 저중력대와 잘 일치한다.

프로젝트 지역은 Manaus와 Itaquatiara 시 사이에 위치하며 이 지역은 분지 북부 가장자리에 해당되며, 분지 전체가 백악기 Alter do Chão 층으로 피복된다. 여기서 이 층은 400m의 층후를 나타내며 Fazendinha와 Arari에서는 600m의 층후를 보인다. 이 층의 수계 패턴은 준장방형이며 프로젝트지역에서는 균질한 방사상-환상형이다. 이러한 패턴은 암염 다이아피어(diapir)의 용기의 결과이며 약 20여개의 돔 구조가 이 지역에서 확인된다. 탄성과 단면에서는 층서적으로 약 300m의 용기한 돔 구조를 보여준다(그림 8). 다이아피어의 표면 크기와 형태는 북유럽의 Zechstein 분지에서 발달하는 다이아피어와 유사하다. Andirá 층과 Zechstein 층과의 대비는 페름기 화분 식물군의 존재에 의해 이루어졌다(T. Toreutus 와 V. Costabilis). 탄성과 및 시추공 자료에 의하면 Andirá 층 증발암층의 상부는 분지의 북부 및 북서에서 얇아진다. 백악기 Alter do Chão 층과 페름기 Andirá 층 접촉부의 심도는 120-600m 정도이다.

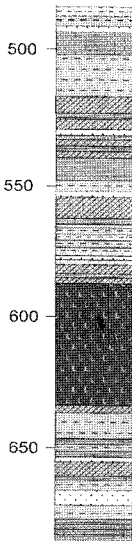


그림 7. 2Pest-AM 시추코어의 주상도 (585m에서 소금층 확인).

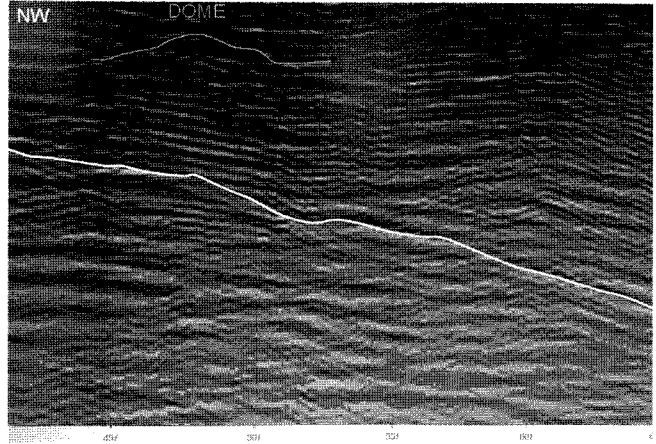


그림 8. 탄상파 단면(2019- 0249)에서 나타나는 돔 구조 및 광역적 경사경향.

## 탐사역사

1950-1960년대 PETROBRAS에 의해 수행된 시추에서 중부 아마존 분지에서 두꺼운 증발암층을 확인하였다. 증발암층은 두꺼운 암염층을 함유하며 석탄기의 Nova Oilinbda 층에 수반된다. 암염층은 sylvinite를 주로 함유하며 감마선 단면에서 NaCl과 KCl을 구분하지 못하였다.

약 20년후 PETROBRAS는 분지 중심부를 탐사하였으며 보다 명확한 감마선 단면을 이용하여 NaCl 층의 상부에 2m 이하의 얇은 sylvinite 층을 확인하였다. 1950년대와 1960년대 수행한 시추는 분지축의 북편에 위치하며 sylvinite 층을 확인치 못하였다. PETROBRAS에 의한 sylvinite의 발견은 아마존 주 회사가 비료회사를 운영할 수 있는 계기가 되었다. 설립된 PETROMISA는 브라질 지질조사소에 포타쉬 탐사를 위한 시추를 요청하였다. 브라질 지질조사소 Manaus 지부에서는 총 1200m 30개공 탐사를 수행 하였으며 주로 천부에서 초래된 증발암층을 대상하였다.

이 탐사에서 Fazendinha과 Arari sylvinite 광

상을 발견하였으며 자원량은 평균 품위 18.5 % K<sub>2</sub>O 1002.3 Mt로서 130 Billion US\$(US\$ 700/톤 기준)에 해당된다. 이 광상들은 아마존 평원의 충적층에 위치하여 표면의 NaCl이 강수에 의해 쉽게 용해되어 강으로 유동되기 때문에 높은 환경적 위험도 가지고 있다.

## 표적지역

기존의 Fazendinha 및 Arari K 광상을 참고하여 Redstone은 탐사 표적지역을 선정하는데 1) 천부층 대상, 2) 저탐사 비용, 3) 저개발비용, 4) 신속한 광산개발, 5) 광미의 재주입(favorability for re-injecton of tailings) 및 6) 환경적 위험 감소 등을 고려할 것이다.

탐사권이 설정된 20개 표적 지역 중에서 Anebá 다이아피어(광구번호 880197 및 880198)와 또 다른 두개의 돔 구조 지역(광구번호 880240 및 880249)을 1차적으로 대상으로 탐사를 수행할 것이며



**탐사프로그램**

1단계의 탐사 프로그램은 세 개 표적지역(광구 번호 880197, 880198, 880240 및 880248)에 대해 기존의 탄성과 자료를 해석하고 새로운 탄성과 자료를 획득하여 돔 구조의 크기와 형태를 해석하고 Andirá 층 내 표적대상인 증발암층의 공간적 분포를 해석한다. 이러한 정보에 근거하여 시추 계획(시추공 위치 및 심도 결정)을 수립하고 초기 대표적으로 10개 공(500-600m)의 시추를 수행하며 이는 4-6개월 소요될 것이다. 시추 프로그램은 백악기-페름기 경계를 설정하고 증발암층의 두께 및 운회(암염층의 두께와 sylvite:sylvinite:halite 비)에 대해 해석을 포함한다. 암염층의 상부에 대해 특별히 조사될 것이다.

**예산**

1단계(2009-2010) 탐사비는 AU\$ 2.35 Million으로 예상하고 있으며 이는 표 3과 같다.

**맺음말**

Redstone Resources Ltd.(www.redstone.com.au)는 브라질 아마존 지역 인산염 자원 탐사를 위해 Apuí 18개 지역 1770 km<sup>2</sup>의 면적에 대한 탐사권을 확보하고 있다. 또한 Anebá 지역은 27개 광구는 포타쉬 탐사권을 획득하였고 6개 광구는 신청 중이다. 2009년부터 두개의 프로젝트에 대한 1차탐사를 계획하고 있으며, 공동탐사 및 향후 개발을 위한 파트너를 모색하고 있다. 이 회사는 호주 중부 Ni 탐사도 활발히 수행하고 있어 향후 개발을 계획 중이다.

표 3. 1단계 탐사비 및 계획도

Activity	Timing(month)												Cost (AUD/1000)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Travelexpenses	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	70
Equipment	■	■												150
Tenements maintenance	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	380
Administrative cost	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	100
Fuill time geologist	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	100
Infrastructure, contracts	■													
Hydrogeochemistry		■												50
Clearing for seismic		■	■											100
Seismic profiles			■	■										400
Processing data				■	■									
Activities report				■										
Drilling program				■	■									
Clearing for drilling					■	■	■							100
Drilling(2,000m)						■	■	■	■	■	■	■	■	900
Processing data											■	■		
Designing Phase 2											■	■		
Cost Phase 1	One year												2,350	

## 참고문헌

- Amorosi, A. (1997) Detecting compositional, spatial, and temporal attributes of glauconite: a tool for provenance research. *Sedimentary Geology*, 109, 135-153.
- Amorosi, A. (2000) Glaucony. In: *Encyclopedia of Sediments and sedimentary rocks*, (Middleton, G.V., Church, M.A., Coniglio, M., Hardie, L.A., Longstaffe, F.J., Eds.), Springer, 821pp., ISBN 1402008724, 331-333.
- Araújo, H.J.T., Rodarte, J.B.M., Del'Arco, J.O., Santos, D.B., Barros, A.M., Tassinari, C.C.G., Lima, M.I.C., Abreu, A.S., Fernandes, C.A.C. (1978) Geologia. In: *Brasil. DNPM. Projeto RADAMBRASIL. Folha SB.20-Purus. Rio de Janeiro, 1978. 561 p. il.* (Levantamento de Recursos Naturais, 17), 19-100.
- Bizzinella, G.A., Andrade, A.F., Yamaguti, H.S., Oliveira, J.R., Carmona, J.M., D'Antona, R.G., Lopes, R.C., Melo, A.F.F. (1981) Projeto Tapajós-Sucunduri, CPRM-DNPM. Manaus, Relatório Final, Vol. 6.
- Castro, L.C., Scasso, R.A., Branzini, A., Zubillaga, M.S., Fazio, A.M., Tourn, S.M., and Zubillaga, M.M. (2008) Efectividad agronomica de glauconita comparada con el KCl como fertilizante potásico. In: *Actas, 17th Congreso Geologico Argentino*, 823-825. CD-ROM, ISBN 978-987-22403-1-8.
- Cook, P.J., and Shergold, J.H. (1986) Phosphate deposits of the world. Volume 1: Proterozoic and Cambrian phosphorites. Cambridge University Press, London, 386 p., chapter 1: 1-8.
- Dooley, J.H. (2005) Glauconite. In: *Industrial Minerals and rocks: commodities, markets, and uses. 7th Edition*. Kogel, J.E., Trivedi, N.C., Barker, J.M., Krukovski, S.T., (Eds.). Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME). ISBN 978-0-87335-233-8, 495-506.
- Majumder, A.K., Govindarajan, B., Sharma, T., Ray, H.S., and Rao, T.C. (1995) An empirical model for chloridising-roasting of potassium in glauconitic sandstone. *International Journal of Mineral Processing*. 43, 81-89.
- Matsuda, N.S., Dino, R., Wanderley Filho, J.R., 2004. Revisão litoestratigráfica do Grupo Tapajós, Carbonífero Médio-Permiano da Bacia do Amazonas (Lithostratigraphic review of the Tapajós Group, Middle Carboniferous-Permian of the Amazonas Basin). *Bol. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro*, 12, 435-441.
- Riker, S.R.L., Pereira, J.A. (1980) Prospecto de fosfato Aripuanã-Bararati. Setor de seleção de areas. DIVPES/SUREG-MA, Manaus, 8 p.
- Santiago, A.F., Santos, J.O.S., and Maia, R.G.N. (1980) Estratigrafia preliminar da Bacia Alto Tapajós. In: *Sociedade Brasileira de Geologia, Congresso Brasileiro de Geologia*, 31, Balneário de Camboriú, Anais 2, 786-797.
- Yadav, V.P., Sharma, T., and Saxena, V.K. (2000) Dissolution Kinetics of Potassium from Glauconitic sandstone in acid lixiviant. *International Journal of Minl. Proc.*, 60, 15-36.